

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

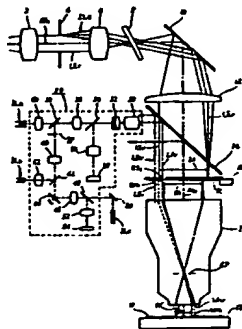
As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

WPI

- TI - Projection exposure apparatus e.g. for use with stepper for successively exposing patterns of masks on resist layer of semiconductor wafers - uses mask structure having window for passage of alignment light on to alignment mark on substrate
- AB - J02102517 Permanent magnet comprises a resin compsn. where a W-type ferrite having the stoichiometric compsn. of formula $MA_2(2+)Fe(3+)O_{27}$, where M = Ba, Sr or Pb; A(2+) = Fe, Zn, Cu, Ni, Mn and/or Mg, is mixed with 5-50wt.% thermoplastic resin.
- USE/ADVANTAGE - Resin compsn. with high magnetic force can be produced without deteriorating the injection moulding capacity and the strength of the obtd. mould. The compsn. gives a permanent magnet with good magnetic characteristics having magnetic force higher than that of the permanent magnet produced from M-type ferrite. (Dwg.0/0)
- PN - JP2102517 A 19900416 DW199021 002pp
US5734478 A 19980331 DW199820 G01B11/00 053pp
- PR - JP19880256479 19881012;JP19880270315 19881026;JP19880288254 19881115
- PA - (NIKR) NIKON CORP
- IN - MAGOME N; MIZUTANI H; NISHI K
- MC - S02-A03B4 U11-C04B2 U11-C04E1
- DC - P84 S02 U11
- IC - G01B11/00 ;G03F9/00 ;H01L21/02
- AN - 1990-160513 [21]

PAJ

- TI - PROJECTION ALIGNER
- AB - PURPOSE:To enable an alignment using alignment illumination light in wavelength different from that of exposure light to be made by using the color aberration of a projection optical system.
- CONSTITUTION:The title projection exposure device is provided with alignment illumination optical systems 1La-1Lc to illuminate an alignment mark WM1 provided on a sensing substrate in a specific positional relation to a transferred region with the light in the second wavelength different from that in the first wavelength region as well as a mark detection optical system to detect any optical data obtained from the alignment mark WM1 through a projection optical system PL. In such a constitution, the alignment in TTR(through the reticle) mode or TTL (through the lens) mode is made using the color aberration of the projection optical system. Consequently, the alignment mark WM1 on the sensing substrate can be prevented from being illuminated with exposure light in case of exposure. Through these procedures, the alignment using any light in wavelength different from that in the exposure light can be made without breaking a wafer mark.
- PN - JP2102517 A 19900416
- PD - 1990-04-16
- ABD - 19900705
- ABV - 014312
- AP - JP19880256479 19881012
- GR - E0948
- PA - NIKON CORP
- IN - UMAGOME NOBUTAKA; others: 01
- I - H01L21/027 ;G03F9/00



<First Page Image>

⑫ 公開特許公報(A) 平2-102517

⑬ Int. Cl.⁸

識別記号

庁内整理号

⑭ 公開 平成2年(1990)4月16日

H 01 L 21/027
G 03 F 9/00

H

6908-2H
7376-5F

H 01 L 21/30

3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全19頁)

⑮ 発明の名称 投影露光装置

⑯ 特 願 昭63-256479

⑰ 出 願 昭63(1988)10月12日

⑱ 発 明 者 馬 込 伸 貴 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

⑲ 発 明 者 水 谷 英 夫 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

⑳ 出 願 人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

㉑ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

明 細 書

1. 発明の名称

投影露光装置

2. 特許請求の範囲

(1) 露光すべき所定のパターン領域を有するマスクを第1の波長域の光で照明する露光用照明光学系と、該第1の波長域の光のもとで前記パターン領域の像を感光基板上の所定の被転写領域に結像投影する投影光学系とを備えた装置において、

前記被転写領域と一定の位置関係で前記感光基板に設けられたアライメントマークを、前記第1の波長域と異なる第2の波長域の光で照明するアライメント用照明光学系と;

前記第1の波長域の光の照明のもとで前記アライメントマークの像が前記投影光学系により前記マスク側に投影されるべき第1の空間位置に対して、前記投影光学系の視野内で所定間隔だけ離れた第2の空間位置を通る光を受光するように配置され、前記第2の波長域の光の照明により前記アライメントマークから生じた光情報を、前記投影

光学系を介して検出するマーク検出光学系とを備え、

前記第1の空間位置と第2の空間位置との間隔を、前記投影光学系の前記第2の波長域における色収差量に対応させたことを特徴とする投影露光装置。

(2) 前記マスクは前記パターン領域の周辺部に透光体を有し、

前記アライメントマークは、前記マスクのパターン領域の像を前記感光基板の被転写領域に位置合わせして露光するとき、前記マスクの透光体によって透光される位置に形成することを特徴とする請求項第1項に記載の装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体素子の製造に用いられる投影型露光装置に関し、にステップアンドリピート方式でレクチル(マスク)のパターンをウェハのレジスト層へ順次露光していくステッパーに関するものである。

(従来の技術)

この種装置は、レチクルに形成された回路パターンを投影光学系を介してウェハ等の感光基板上の露光領域(ショット領域)に次々に露光していくものであり、ウェハは2次元にスタッピング移動ができるウェハステージに搬送される。この場合、ウェハ上の1つのショット領域と回路パターンの投影像とは、2次元的に±0.2μm以下の精度で正確に重ね合わせる必要がある。そのため、レチクルの回路パターン領域とウェハ上の各ショット領域とは、直接、又は間接的に位置合わせ(アライメント)される。このアライメントは、ほとんどのスタッパーの場合、自動化が進んでおり、種々の方式が採用されている。そのうち、高い精度が得られるものとしては、スルーザレンズ(TTL)方式、又はスルーザレチクル(TTR)方式が主流となっている。

ここでTTL方式とは、實質的に投影光学系のみを介してウェハ上のアライメントマークを検出する光学系(アライメント系)の配置のことを意

味し、TTR方式とはレチクルと投影光学系の両方を介してウェハ上のアライメントマークとレチクル上のアライメントマークとを検出する光学系(アライメント系)配置のことを意味する。

TTL方式は實質的にウェハのアライメントマークのみを検出するため、そのアライメント系の検出中心とレチクルとの位置関係を予め正確に計測し、その計測値を基準としてウェハマークの検出位置を規定する必要がある。これに対してTTR方式は、ウェハとレチクルの各アライメントマークを同時、あるいは直接に検出するため、レチクルとウェハ(又はショット領域)の位置合わせは直接達成される。

従って、レチクルとウェハの理想的なアライメント方式は、TTR方式であると言える。このようなTTR方式のアライメント系をもつ投影露光装置は、例えば①特開昭57-138134号公報、②特開昭57-142812号公報等に開示されている。

ところで、この種のスタッパーの多くは1/5、

1/10等の縮小投影であり、投影光学系は、少なくとも像側(ウェハ側)がテレストリックな投影レンズを搭載している。この投影レンズは、15~30枚程度のレンズ素子から成り、露光時に最高の解像力とディストーション特性とが得られるように、通常は、ある1つの波長域の光に対して色収差補正されている。現在、主に使われている投影レンズは、水銀放電ランプ(又はXe-Hgランプ)のスペクトルのうちのg線(波長436nm)、又はi線(波長365nm)のいずれか一方を露光用照明光とし、これに対して最高の性能が得られるように設計されている。

このため上記①、②の従来技術に開示されているように、実用的なTTR方式のアライメント系では、レチクル上のマーク、ウェハ上のマークを照明する光(レーザビームによるスポット、又は均一照明光)の波長は、露光光とはば一致させる必要があった。また、従来の投影露光装置のなかには、例えば第14図(A)に示すように、露光光の波長 λ_c とアライメント用照明光の波長 λ_a

とをずらしておき、この2つの波長に対して色収差補正された投影レンズを搭載すること、あるいはアライメント時に投影光路(レチクルからウェハの間)内にレチクル、ウェハの共役関係を維持するための補正レンズを配置し、露光時には遠退させる方式、等を採用することを提案したものもあった。しかしながら第14図(A)のように2波長で収差補正された投影レンズは、投影露光時の性能を維持するための条件(波長のスペクトル幅、波長シフト等)が厳しく、しかも製造が難しくといった欠点を持ち、レチクルとウェハ間に補正レンズを設ける方式は、アライメント精度が補正レンズの機械的な不安定さに依存して劣化するという欠点をもつ。

このような欠点があるにもかかわらず、露光光と異なる波長のアライメント用照明光を用いる利点は、アライメント時にウェハマークの領域を覆っているレジスト層を感光させない(又は感光させにくい)こともさることながら、アライメント用照明光、又はウェハマークからの反射光が露光

光の場合のようにレジスト層に吸収されにくいこと、従ってウェハマークからの反射光 光量変化が少なく光電信号のS/N比が安定していることにある。

そこで、露光光と異なる波長の非感光性 アライメント用照明光を用いて、補正レンズを使うことなくTTR方式のアライメントが可能な投影レンズの一例が③特開昭62-215230号公報に開示されている。この投影レンズの色収差特性は第14図(B)のように3次曲線となり、短波長側の極値を露光光の波長 λ_0 に合わせ、長波長側の零クロス点をアライメント用照明光の波長 λ_1 に合わせることで、投影露光時の性能を維持するための条件を緩和させることができる。

さらに、投影レンズは従来のままで、非感光性のアライメント用照明光を用いて、補正レンズを使うことなくTTR方式のアライメントを行なう他の方式の一例が、④特開昭63-153820号公報に開示されている。この方式は、アライメント用照明光をレーザビームのスポット光として、

レチクルの上方より照らす形式において、軸上色収差に対応した光軸方向に離れた2点の夫々にスポット光を同時に結像するように2焦点化素子を設けたものである。

(発明が解決しようとする問題点)

上記③、④ 従来装置においては、非感光性のアライメント用照明光でウェハ上のマークを検出するため、先の①、②の従来技術における問題点はほとんど解決できる。しかしながら③の従来技術に開示されている投影レンズでは、専ら軸上色収差の補正を目的としており、倍率色収差もそれと同等に補正されることを前提としている。しかしながら、投影レンズの性能は年々より高いものが要求されるため、軸上色収差と倍率色収差の両方を補正した投影レンズを設計し、それを安定に製造することは、極めて困難なことである。

また④の従来技術のように、投影レンズの軸上色収差に対してアライメント用ビームの2焦点化で対応する場合は、一方のスポット光がレチクル上のアライメントマークを照射したときに生じる

光情報と、もう一方のスポット光がウェハ上のマークを照射したときに生じる光情報とのスポット走査位置における発生位置から、レチクルとウェハのずれを検出するため、投影レンズに倍率色収差がそのまま残っていると、その色収差によってアライメント誤差が生じることがあった。従って④の従来技術の場合も、その投影レンズは倍率色収差についてはある範囲内に補正しておく必要があり、投影レンズの製造を困難なものにしていた。

さらに、上記③、④の従来技術によれば、いずれもTTR方式であるため、レチクル上のマークは回路パターン領域の極近傍に設け、ウェハ上のマークはショット領域の極近傍(例えばストリートライン内)に設け、アライメント位置と露光位置とを一致させたダイ・バイ・ダイ(D/D)アライメント法が容易に採用できる。

しかしこの場合、ウェハ上のマークをアライメントする時には、レジストの感光は起らないものの、露光時にはレチクル上のマークの像がウェハ上のマーク部分のレジストを感光させることにな

る。その結果現像後にプロセスを通すと、そのマークが破壊されてしまうことになり、次の回のレチクルとのアライメントにそのマークを使うことができないといった問題点がある。

本発明は、このような問題点に臨みてなされたもので、ダイ・バイ・ダイ・アライメント法を採用したとしてもウェハマークを破壊せずに、露光光以外の波長の光を使ったアライメントが可能であって、さらに投影光学系の設計、製造が容易な投影露光装置を得ることを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

そこで本発明では、露光光等の第1波長の光に対しては、マスク(レチクル)のパターンが露光基板(ウェハ)上に最適な結像性能で露光されるように、ほぼ無収差に補正され、アライメント用照明光等の第2波長の光に対しては、予め定めた値以上の倍率色収差(横の色収差)、あるいは軸上色収差(縦の色収差)をもつような投影光学系を用いるようにする。この投影光学系は両片テレセントリック系が望ましいが、像側(ウェハ側)

のみをナレセントリック系としたものでもよい。
そして感光基板上のショット領域に付随して設けられたアライメントマークを第2波長の光で照明するアライメント用照明光学系を設け、この照明によってアライメントマークから生じた光情報を投影光学系を介してマスク側で検出するマーク検出光学系を設ける。

この際、第1波長の光のもとでアライメントマークの像が投影光学系によりマスク側に逆投影されるべき第1の位置と、第2波長の光の照射によってアライメントマークから生じた光情報が投影光学系を介してマスク側に達する第2の位置とは、色収差の量だけ離れることになる。そこで本発明では、その色収差量だけ離れた第2の位置を通るアライメントマークの光情報を検出するように、前記マーク検出光学系を配置するようにした。このマーク検出光学系は、種々の検出方式のものが利用でき、また前記アライメント用照明光学系の一部(例えば対物レンズ)と共用した系にすることもできる。

軸AX、と平行である。

さて、露光光の波長のもとでは、ウェハW上の軸外の点A₁からの光束L₁は投影レンズ系PLを介してレチクルRの下面(パターン面)の点A₁に結像する。ところが点A₁からの光束L₁の波長が露光光と異なっていると、投影レンズ系PLの色収差によって、光束L₁は点A₁と異なる点A₂に結像する。点A₁とA₂のずれには、投影レンズ系PLの視野内における横方向のずれと、光軸AXに沿った縦方向のずれとがあり、横方向のずれ量を倍率色収差量ΔY、縦方向のずれ量を軸上色収差量ΔLと呼んでいる。ここで光束L₁の主光線のうちウェハW側を主光線L_{1w}とし、レチクルR側を主光線L_{1r}とすると、レチクル側での倍率色収差量ΔYは、主光線L_{1r}とL_{1w}の横ずれである。一般に投影レンズ系PLは光軸AXを中心に点対称であるため、倍率色収差は光軸AXを中心とした放射方向の横ずれとして規定される。さらにレチクル側の倍率色収差量ΔYは、ウェハ側では投影レンズ系PLの倍率分

(作用)

本発明においては、投影光学系のもつ色収差を利用してTTR方式(又はTTL方式)のアライメントを行なう構成としたため、アライメント後の露光時に感光基板上のアライメントマークが露光光で照明されることを防止することが可能となった。このことは特にD/Dアライメント法を利用する際に、極めて大きな利点である。

第2図は本発明の原理を説明する投影光学系の構成を示し、レチクルRとウェハWとは、露光光の波長のもとで投影レンズ系PLに関して互いに共役に配置されている。この投影レンズ系PLは両片ナレセントリック(射出端と入射端とがほぼ無限遠)の縮小系であって、瞳(絞り面)EPを挟んで模式的にはレンズ群GAとレンズ群GBで構成される。また瞳EPの中心で光軸AX、と交差して、レチクルRとウェハWとを結ぶ線LER、LEWは露光光における結像光束L₁の主光線を表わし、レチクルR側の主光線LER、ウェハW側の主光線LEWはともに投影レンズ系PLの光

だけ縮小され、例えば倍率が1/5であると、ウェハ側の倍率色収差量はΔY/5になる。一方、ウェハ側での軸上色収差は倍率の2乗分だけレチクル側に対し縮小され、ΔL/25になる。

ここで色収差量ΔYをある値以上に適当に定めておくと、レチクルR上の点A₁と、レチクルR上の光束L₁が通る点A₂とを比較的大きく分離させることができる。そこでウェハW上の点A₁にアライメントマークを設け、レチクルR上の点A₁に光束L₁が充分通過する透明窓を設け、さらに、レチクルR上のA₁の部分にウェハW上のアライメントマークの面積よりも大きな透光体を設けるようにする。そしてウェハW上のアライメントマークに露光光と異なる波長の光、例えばレジストの感光感度がほとんどない波長580nm以上の単波長のレーザビーム等を照射する。

さらに、マーク検出光学系をその検出中心(アライメント用対物レンズの光軸等)が主光線L_{1r}とほぼ一致するように配置すると、ウェハW上のアライメントマークからの光束L₁はレチクル

R 点A.の窓を通して検出することができ、レタクルRとウェハWとアライメントが可能となる。

そして例えばレタクルR上窓(点A.)とウェハW上のアライメントマーク(点A.)とが正しく整合した後レタクルRに露光光を照射すると、レタクルRの透過窓の露光光による投影像は、ウェハW上の点A.から $\Delta Y/\delta$ だけずれた位置に結像され、レタクルRの点A.に形成した透光体の投影像は、ウェハW上のアライメントマークを覆う位置に結像される。

従って、倍率色収差 ΔY をレタクルRの透明窓の大きさ、透光体の寸法、ウェハWのアライメントマークの大きさ等に関連して、ある値以上に設定しておく、アライメントマークを保護することができる。

ロイックミラー14は露光用照明光1Lの波長(ε線、1線、294nm等)はほぼ90%以上透過させ、照明光1Lよりも長い波長(例えば530nm以上)はほぼ90%以上反射させる特性を有する。

さて、レタクルブラインド4によるレタクルR上の照明領域1Aは、レタクルRのパターン領域PAと、このパターン領域PAの極近傍に形成されたアライメント用の透明窓RS、とを含む範囲の大きさに設定されている。レタクルRの窓RS、の光軸AX.に対して反対側(レタクル周辺側)には、透光部LS、がクロム層等で形成され、さらにその外側には、レタクルRを位置決めするためのレタクルアライメントマークRM、が形成される。

このレタクルアライメントマークRM、は、レタクルRパターン領域PAの大きさが変わっても常に一定の位置に設けられるとともに、レタクルブラインド4による照明領域1Aの外側に位置するように配置されている。このようなレタクル

(実施例)

第1図、第3図は本発明第1実施例による投影型露光装置の構成を示す図である。第1図において、第2図に示した部材と同等のものには同じ符号を付してある。第1図で、水銀放電灯(又はXe-Hgランプ)、あるいはエキシマレーザ光源からの露光光はレンズ系2を介して可変照明視野絞り(レタクルブラインド4)を均一な照度分布で照明する。レタクルブラインド4はレタクルR上の照明領域を任意の大きさ、形状に区画する開口を有し、ブラインド4を通った露光用照明光1Lは、レンズ系6、石英等の平行平板8、反射ミラー10を介して主コンデンサーレンズ系12に入射する。コンデンサーレンズ系12を射出した照明光1Lは、その主光軸が光軸AX.と平行な主光軸LB.となって、光軸AX.に対して45°に傾設されたダイクロイックミラー14を通り、レタクルRを照射する。

ここでレタクルブラインド4はレタクルRのパターン図と共役(結像関係)に配置され、ダイク

Rはレタクルスタージ16に保持され、レタクルスタージ16はレタクルRのパターン領域PAの中心点が光軸AX.と一致するようにレタクルRを回転させて位置決めを行なう。レタクルRのパターン領域PAの像PA'は、両片ナセントリックな投影レンズ系PLによってウェハW上の1つのショット領域に重ね合わせて投影される。ウェハWには、ショット領域と一定の位置関係で極近傍(ストリートライン内)の位置にアライメントマークWM、が形成されている。

このアライメントマークWM、は、レタクルRのパターン領域PAの投影像PA'と、露光するウェハW上のショット領域とを正確に重ね合わせたとき、露光光の波長のもとでは、レタクルRの透光部分LS、と結像関係になるように配置されている。従って、マークWM、とショット領域との間には、レタクルRのRS、投影像が入り込むだけの余白が取られている。

尚、ウェハWはスタップアンドリビート方式で露光されるため、X、Y方向に精密に2次元移動

する干渉計付のウェハステージ18に保持される。

さて、ウェハW上のマークWM、を検出するTTR方式のアライメント系20は、露光光よりも長い波長の光をダイクロイックミラー14で反射させてレチクルR窓RS、へ供給するとともに、窓RS、を通過してダイクロイックミラー14で反射したマークWM、からの光を受光するように配設され、原理的には従来技術④で開示されたものと同じである。アライメント系20の先端の対物レンズ30は、その光軸が窓RS、を通過するアライメント光束（露光光性）の主光軸LA（又はLA'）と一致するように、ダイクロイックミラー14を通過する露光光の光路外（図中左側）に水平に配置される。従って、対物レンズ30は露光動作中においても、露光用照明光ILを遮光することなく、ウェハW上のマークWM、を常時検出し続けることができる。

さて、本実施例では投影レンズ系PLの倍率色収差量 ΔY を、ある値以上に確保しておく関係で、軸上色収差量 ΔL も比較的大きな値になってしま

ブリック48、レンズ系46を通過してスキャナーミラー44で偏向される。このスキャナーミラー44の偏折焦点は、レンズ系40、36によるリレー系を介して2焦点素子32の位置、すなわち対物レンズ30の側面焦点面と共役になるように設定される。この2焦点素子32と対物レンズ30によって、偏向走査されたほぼ平行な直線偏光のビームILは、第7図に示されているように、偏光成分（常光線LBと異常光線LB'）のちがいによって異なるパワーを受け、対物レンズ30の光軸方向に離れた2つの面Pw、Pr内の夫々にスポット光SPw、SPrとして結像する。2焦点素子32は面Pw、Prの間隔が、投影レンズ系PLのレチクル側での軸上色収差量 ΔL とほぼ等しくなるように設計されている。従って、面PrをレチクルRパターン面窓RS、に合わせると、もう一方 面Pwは投影レンズ系PLを介してウェハW受面と共役になる。このためスポット光SPrは窓RS、を走査し、スポット光SPwは投影レンズ系PLにより再結像された

う。そこで従来技術 ④に開示されていると同様に、アライメント系20には、ナレセントリックな対物レンズ30 側面焦点面（端部）に複屈折物質（水晶、方解石等）による2焦点素子32を設ける。このアライメント系20は、少なくとも3種類 異なるマーク検出方式が可能であり、それに対応するように系が構成されている。その第1の検出方式はレチクルRの窓RS、とウェハWのマークWM、をレーザビームのスリット状のスポット光で走査し、窓RS、、マークWM、からの光情報を受光検出する方式である。そのための系は、レーザビーム（例えば波長580nm以上）ILc、ミラー50、ビームスプリッタ48、レンズ系46、スキャナーミラー44、レンズ系40、ミラー（可動式、又はビームスプリッタ）38、レンズ系36、2焦点素子32、対物レンズ30、レンズ系52、及び光電検出器54で構成される。レーザビームILcはA⁺イオンレーザ光源等からビームエクスパンド、シリンドリカルレンズ等を介してミラー50に渡し、ビームス

スポット光は、ウェハW上のマークWM、を走査することになる。

さて窓RS、（アライメントマーク）とマークWM、の夫々からの光情報は、再び対物レンズ30、2焦点素子32、レンズ系36、40、スキャナーミラー44を介して元の光路をもどり、ビームスプリッタ48で反射され、光電検出器54に送る。この光電検出器54は、レンズ系46、52によるリレー系によってスキャナーミラー44の偏折焦点と共役配置された空間フィルターと、その空間フィルターを透過した0次光（正反射光）以外の回折、散乱光を受光する受光素子とで構成される。この空間フィルターは、対物レンズ30の側面焦点面（2焦点素子32の位置）が投影レンズ系PLの瞳EPと共役になっていることから、結局、瞳EPとも共役な関係になっている。従って受光素子からは、各スポット光が窓RS、、マークWM、を照射したときの回折、散乱光の光量に応じたレベル 光電信号が得られる。

また第2 マーク検出方式は、より簡単な像面

察方式であって、そのため 系はビーム1Lcと同じ波長に定められた照明光1La、レンズ系80、36、ビームスプリッタ34、2焦点素子32、対物レンズ30、レンズ系58、及びCCD等 撮像素子58で構成される。

ここでレンズ系80、36は2焦点素子32位置、すなわち投影レンズPLの瞳EPに照明光1Laの光源像を結像し、レンズ系58は対物レンズ30と2焦点素子32を通った窓RS、マークWM、からの光束を撮像素子58の受光面に結像する。この方式では、対物レンズ30に入射した物体からの光を2焦点素子32に通すことによって、レチクルRのパターン面とウェハWの表面とを撮像面上で合致させて同時に観察することができる。従って撮像素子58からの画像信号に基づいて、レチクルRの窓RS、とウェハWのマークWM、とをアライメントすればよい。

最後に、第3のマーク検出方式は、ウェハW上のマークWM、を2次元的な広がりをもつ回折格子パターンにし、この格子パターンの格子配列方

向に互いに異なる角度で傾いた2つの可干渉性ビームを同時に投射し、格子パターンの上に干渉縞を平行に作り、この干渉縞に対する格子パターン ずれ(格子配列方向 ずれ)を検出する方式である。そのため 系は、ビーム1Lcと同じ波長 2本のビーム1Lb、レンズ系62、ミラー、又はビームスプリッタ42、レンズ系40、ミラー38、レンズ系38、2焦点素子32、対物レンズ30等で構成される。その際の受光系は特に図示しないが、投影レンズ系PLの瞳EPと共役受光素子を設ければよい。2本のビーム1Lbは、光路の途中の図1Pにおいて、光軸を傾けて対称的な傾き角度をもって交わるほぼ平行な光束になるように定められる。図1PはレチクルRの窓RS、ウェハWの表面の夫々と共役になっている。ウェハWの回折格子パターンからの干渉光は、主光軸LAw、LAfに沿って光軸上を進み、その強度を光電検出することによって、干渉縞と回折格子パターンとの相対的な位置関係が検出される。

ところでレチクルRの周辺に設けたレチクルアライメントマークRM、は、このマークRM、の中心を通り、光軸AX、と平行な主光軸LBfがアライメント系20の対物レンズ30の光軸と一致するように、対物レンズ30、2焦点素子32等の一部を、垂直方向に移動させれば容易に検出することもできる。ただし、レチクルアライメントマークRM、は、装置の基準位置に精密にアライメントする必要があるので、別の専用の顕微鏡や光電検出器等を固定配置しておく方がよい。

ただし、アライメント系20によって、TTR方式のD/Dアライメント法を実行する場合は、レチクルによってパターン領域PAの大きさが変わることがあり、これにともなう、レチクルRの窓RS、、透光部分LS、の位置も変化する。従って少なくとも対物レンズ30と2焦点素子32とは、第1図中で図内 上下方向に可動な構成にし、さらにマーク配置の自由度を上げるため 縦面と垂直な方向にも可動な 成にするとよい。

また第1図では、1ヶ所のマークを検出するアライメント系20しか示していないが、実際には2ヶ所以上のマークを検出できるように、例えば第3図に示すような構成にすることが望ましい。第3図は、レチクルR、ダイクロイックミラー14、及び3つのアライメント系の各対物レンズ30x、30y、30θの配置を示す斜視図である。ここで光軸AX、はレチクルRの中心RCを通り、この中心RCからX方向とY方向の夫々に離れたパターン領域周辺の3ヶ所には窓RS、RS、RS、が設けられている。そして各窓RS、RS、RS、の外側には透光部分LS、LS、LS、が形成され、これらはパターン領域を囲む一定幅の枠形の透光部LSBと一体になっている。また透光部LSBの外側の3ヶ所にはレチクルアライメントマークRM、RM、RM、が形成される。

さて、3つのアライメント系の各対物レンズ30x、30y、30θの先端にはミラーM、M、M、が対物レンズと一体に配置され、各対物

レンズ30x、30y、30θは、X-Z平面と平行な光軸AX₁、AX₂、AX₃となるように配置される。

そして、対物レンズ30xとミラーM₁は一体に、Z方向(光軸AX₁に沿った方向)とX方向とに平行移動し、対物レンズ30yとミラーM₂の組と対物レンズ30θとミラーM₃の組も、それぞれ独立にX方向とZ方向に平行移動するように構成される。尚、第3図では対物レンズ30x、30y、30θのみしか示していないが、それぞれ2焦点素子も一体に設けられており、2焦点素子以降(アライメント用照明光源側)はアフォーカル系になっている。さらに、3つのミラーM₁、M₂、M₃もダイクロイックミラー14の下図の空間に入り込まないように配置されている。このように各対物レンズ30x、30y、30θの先端にミラーM₁、M₂、M₃を設けておくと、レチクルRのパターン領域PAの大きさ、変化、すなわち各窓RS₁、RS₂、RS₃のレチクル中心RCに対する位置変化に対応して、各対物レン

ズ30x、30y、30θによる観察位置移動量が空間的に干渉せず、比較的大きく取れる利点がある。

次に本実施例の動作を第4図、第5図、第6図を参照して説明する。第4図は2層目以降の重ね合わせ露光に使われるレチクルRのパターン形状及びパターン配置を示し、第5図はウェハW上に予め形成された複数のショット領域(例えば1層目)のうちの1つの領域SAを示すものである。第5図において、1つのショット領域SAの周囲4辺には、通常50~100μm程度の幅のストリートラインSTLが形成される。このストリートラインSTLはウェハW上のチップを切り出す際の切りしろであって、ここに回路パターンの一部がはみ出して形成されることはない。そこでショット領域SAの1層目の形成の際に、ストリートラインSTL内で、ショット中心SCを通るY軸と平行な線上と、中心SCを通りX軸と平行な線上の夫々に、マークWM₁、WM₂をいっしょに形成しておく。マークWM₁、WM₂は、本実施例の場合ショット領域SAに近接して設けるのではなく、ストリートライン内でショット領域SAの境界から、倍率色収差量ΔY/5に対応した

値だけ離して設けておく。ここでマークWM₁はX方向の位置検出に使われ、マークWM₂はY方向の位置検出に使われる。

一方、第4図に示すように、このショット領域SAに重ね合わせ露光されるレチクルRには、ショット領域SAに対して上下、左右が反転した5倍のパターン領域PA、遮光帯LSB、レチクルアライメントマークRM₁、RM₂、RM₃が形成される。窓RS₁はレチクル中心RCを通りY軸と平行な線上でパターン領域PAに近接して設けられ、窓RS₂は中心RCを通りX軸と平行な線上で、パターン領域PAに近接して設けられる。本実施例では、遮光帯LSBの幅をウェハW上のストリートラインSTLの幅(30~100μm)の5倍以上の値に設定し、レチクルブラインド4による照明領域IAは、ウェハW上で1つのショット領域SAとそれを取り囲む4辺のストリートラインSTLとをカバーする大きさに設定される。従って照明領域IAの内側であって遮光帯LSB内に形成されたパターン(透明部)は、ウ

ェハW上 ストリートラインSTL内に投影露光される。

尚、この透光 LSBのなかで、窓RS₁の外側の透光部分LS₁と、窓RS₂の外側の透光部分LS₂とが、ウェハW上のマークWM₁、WM₂を保護を行なう。また透光帯LSB内の窓RS₁、RS₂の近くには、新たなウェハマークを転写するためのマークパターン(5倍)WM_a、WM_bも形成されている。このマークパターンWM_a、WM_bは、ウェハW上のマークWM₁、WM₂と重ならない位置であって、パターン領域PAから倍率色収差ΔYに対応した距離だけ離れていれば、ストリートラインSTL内のどこに設けてもよい。新たなウェハマークを転写しないときは、マークパターンWM_a、WM_bが不要(透光体のままにしておく)であることは言うまでもない。またテストパターンをウェハW上(特にストリートライン内)に打ち込む場合は、透光帯LSBの隅にテストパターンTPを形成しておけばよい。

さてこのようなレチクルRとショット領域SA

状であり、X方向に窓RS₁を横切る程度の振幅で移動する。窓RS₁は矩形状に形成され、スポット光SPと平行な両側のエッジE₁、E₂(クロム層のエッジ)がアライメントに使われる。またウェハ上のマークWM₁はスポット光SPと平行な直線本(ここでは7本)の直線状パターンから成り、各直線状パターンのスポット光SPと平行なエッジE_a、E_bがアライメントに使われる。スポット光SPが走査を行なうと、その走査位置に応じて光電検出器54は、スポット光SP_rと窓RS₁のエッジE₁、E₂とが一致した時点でピークとなるような第6図(B)の信号波形と、スポット光SP_wとマークWM₁のエッジE_a、E_bとが一致したときにピークとなるような第6図(C)の信号波形とを出力する。不図示の信号処理系は、第6図(B)の信号波形からエッジE₁、E₂のX方向の中心X_rを求め、次に第6図(C)の信号波形からマークWM₁全体のX方向中心X_wを求め、X_rとX_wのずれ量Δxを求める。尚、光電検出器54からの信号が第6図

とをアライメントするにあたって、まずウェハステージ18をスタッピングさせて、ショット中心SCとレチクル中心RCとをほぼ一致させる。この場合、ウェハWのグローバルアライメントが不図示のオフ・アクシスウェハ顕微鏡等により正しく行なわれているものとすると、中心SCとRCの位置ずれはウェハW上で±1μm以下である。従ってウェハW上の2ヶ所のマークWM₁、WM₂は、レチクルRの窓RS₁、RS₂の夫々を通して観察できる位置にくる。

次に、アライメント系20によって、窓RS₁とマークWM₁のアライメント、及び窓RS₂とマークWM₂のアライメントを実行する。この際、アライメント系20の第1の検出方式、すなわち2焦点化されたスポット光SP_r、SP_w(第7図参照)の走査によってアライメントするものとする。例えば第6図のような光電信号が得られる。第6図(A)はスポット光SP、窓RS₁、マークWM₁の関係を示し、スポット光SP(SP_r、SP_w)はY方向に細長く伸びたスリット

(B)、(C)のように窓RS₁とマークWM₁とで分離できるのは、スポット光SP_r、SP_wの偏光方向が互いに異なっていることと、スポット光SP_r、SP_wが比較的大きく光軸方向に離れていることによって、窓RS₁(エッジE₁、E₂)からの光情報とマークWM₁からの光情報とを偏光ビームスプリッタでS/N比よく分離検出できるからである。

以上のような動作は、窓RS₂とマークWM₂によるY方向のアライメントについても同時に実行される。こうしてレチクルRとショット領域SAとのずれ量Δxが求められると、ウェハステージ18、又はレチクルステージ16を微動させて、中点X_rとX_wとを一致させる。この中点X_r、X_wの検出は順次繰り返し実行され、中点X_r、X_wのずれ量が所定の許容範囲(例えば±0.06μm)内に入った時点で露光用照明光学系を介して照明領域1A内に露光光が照射される。

本実施例では、従来技術③と同様のダイクロイックミラー14を設けたため、露光動作中もマー

クWM、(WM。)と窓RS、(RS。)の位置ずれを常時検出し、そのずれが許容範囲内にあるようにレチクルステージ18、又はウェハステージ18をフィードバック制御することが可能である。こ ため、露光動作中に生じ得る不要な振動による像ブレがなく、極めて高精度な重ね合わせが達成される。

ところで、この露光動作のとき、レチクルRの窓RS、RS。はレチクルブラインド4の照明領域1A内にあるため、ウェハW上に投影されるが、その各投影像RS、'、RS、'は第5図に示すようにマークWM、WM。とショット領域SAとの間のストリートラインSTL上に位置する。そして各マークWM、WM。(マーク形成領域)はレチクルRの透光部分LS、LS。によってそれぞれ透光され、露光は行なわれない。

また新たなウェハマークのパターンWMa、WMbの像WMa'、WMb'は、それぞれマークWM、WM。の隣りの位置に形成される。TP'はテストパターンTPの投影像である。

2と光電検出器54の間等に、傾斜可能な平行平板ガラスを設け、ナレセン誤差の補正量に応じて光束を露内で横方向にシフトさせればよい。

以上本実施例では、投影レンズ系PLの軸上色収差 ΔL に対してはアライメント系20内の2焦点素子32で対応するため、投影レンズ系PLは、ある値以上の倍率色収差 ΔY を積極的に確保した設計で作ることができ、設計、製造とも極めて容易になる。また、アライメント用照明光の波長のもとで、投影レンズ系PLのウェハ側の主光線LAwが光軸AX。と平行のとき、レチクル側の主光線LARもナレセン誤差がないようにするには、投影レンズ系PLの瞳EPでの色収差を補正しておけばよい。

尚、第1図の露光用照明系の光路中に示した石英板8は、レチクルブラインド4の像がダイクロイックミラー14の影響によってレチクルR上で横シフトするのを補正するためのものでもあるが、石英板8の光軸AX。に対する角度を調整可能にしておくと、ブラインド4のレチクルR上での開

以上、本実施例では、レチクル上で2ヶ所の窓RS、RS。を、第3図中の対物レンズ30x、30 θ 2面で検出するものとしたが、窓RS。と対向する位置の窓RS。も用いて、対 レンズ30x、30y、30 θ の3面でマークWM、WM、WM。を同時検出するようにしてもよい。

また、アライメント系20の他の検出方式(画像素子58による像観察、2つのビーム1Lbによる干渉縞を用いた格子検出)を使っても全く同様の効果が得られる。

さらに、この種の投影レンズ系PLでは、露光光による解像力、像質を最良にするため、露光光の波長以外の光をアライメントに用いると、第2図に示した主光線LAR、又はLAwが光軸AX。に対して平行からずれる誤差、所謂ナレセン誤差を生じることもある。このナレセン誤差は、アライメント系20内の光電検出器54に達する光情報の傾ずれになるため、それを補正する必要がある。そのためには、第1図中において、スクャナーミラー44とレンズ系46の間、レンズ系5

口像(照明領域1A)の位置を微動させることもできる。

さらに、第1図のように、レチクルRの上方にダイクロイックミラー14を設けた場合は、アライメント系20によるマーク検出位置がレチクルRの中心になってもよく、このためレチクルRに2~4個の同一回路パターンをもつマルチ・ダイ・レチクルのパターン領域内部のストリートライン相当領域に窓RSを設けてもよい。

さて、第8図は第2図に示した原理図に対応したものであるが、第2図のときと異なるのは、アライメント用照明光(露光光に対して長い波長)のもとで生ずる投影レンズ系PLの倍率色収差 ΔY の方向が逆になる点である。すなわち、点A、が、点A。の外側の点A。に結像することである。このように倍率色収差 ΔY の発生方向は、投影レンズ系PLのレンズ構成、レンズ素子の材質、照明光の波長の選択等によってどちらにも生じ得る。

第9図(A)、(B)は第8図のような投影レンズ系PLを有するステッパーの他のアライメン

ト系の方式を示す第2の実施例で、第9図(A)は従来と同様にレチクルRの窓RSのすぐ上方に小さなミラーMを配置した系を示す。ミラーMはアライメント系の光軸AX、を直角に折り曲げ、窓RSから光情報と、窓RSを通ったウェハマークからの光情報とを対物レンズ30、2焦点素子32へ導びく。本実施例では、倍率色収差量 ΔY に対応して、レチクルRの窓RS内に第9図(B)のように専用のレチクルマークRsmを設ける。レチクルマークRsmは透光体であり、その中心に露光光によって規定される主光線LBrが通る。窓RS内でマークRsmの下半分は透明部とされ、そこに主光線LAWが通るように定められている。ウェハマークの投影レンズ系PLによる像Wsm'は、窓RSの透明部を通り、レチクルRの上方空間の面Pwに結像する。

従って、2焦点素子32を介して撮像素子等で窓RS全体を拡大観察すると、レチクルマークRsmとウェハマーク像Wsm'とは、撮像視野内で ΔY だけ離れて同時に検出される。そこでマ-

ークRsmとマーク像Wsm'との検出ずれを画像信号に基づいて検出することで、TTR方式のアライメントができる。その後、ミラーMを遮断させて露光を行なうと、レチクルマークRsmの投影像は、ウェハマークWsmの上に正確に重ね合わされることになり、マークWsmは保護される。

本実施例は、倍率色収差量 ΔY が比較的小さい時に有利であり、レチクルマーク自体がウェハマークに対する透光体になるため、窓RSが小さくて済むといった利点もある。

第10図(A)、(B)は本発明の第3の実施例によるマーク配置を示すもので、第10図(A)はウェハW上でX方向に並んだ3つのショット領域SA_l、SA_c、SA_rの配置を示す。第10図(A)において、各ショット領域のX方向の両側のストリートライン上と、下側のストリートライン上には、ウェハマークWM_l、WM_c、WM_rが形成されている。そこで、中央のショット領域SA_cに着目してみると、左右のマークWM_l、WM_rはショット中心SCを通るx軸上に

設けられるため、第6図(A)のようなマーク構造だと、ストリートライン上に隣りのショット領域SA_l、SA_rに付随したマーク(WM_l、WM_r)と平行に並んでしまい、ストリートラインの幅以上の余裕が必要となってしまう。

すなわち、ショット領域SA_cの左側のストリートラインについてみると、ショット領域SA_cに付随したマークWM_lとショット領域SA_lに付随したマークWM_lとの2つが専有する幅と、レチクルR上の窓RS_l、RS_cの各像RS_l'、RS_c'が専有する幅との合計値が必要となる。このためマークWM_l、WM_rの各形成領域の幅を30 μ m、窓RS_l、RS_cの像RS_l'、RS_c'の幅を35 μ m、倍率色収差量 ΔY を35 μ m程度に設定すると、ストリートラインの幅として130 μ m以上は必要となる。

そこで少しでもストリートライン幅を狭くするため、ストリートライン内に形成される2つのマークWM_l、WM_rを、第10図(B)に示すようにそれぞれ4本の直線状パターンMP_l、MP_r

rを交互にY方向に配列したものにすると、ここで4本の直線状パターンMP_lは、着目するショット領域SA_cの左側に付随して形成され、4本の直線状パターンMP_rは着目するショット領域SA_cの右側に付随して形成される。このようにすると、ストリートライン内でのマーク形成領域の専有面積は、第6図(A)の場合とほとんど変わることがない。そして、このような直線状パターンMP_l、MP_rをもつレチクルを使ってウェハW上に露光を行なうとき、X方向のスタッピングピッチは、第10図(A)に示すように、マークWM_lとWM_rの距離STPと同じにしておけばよい。

またマークWM_l、WM_rの検出の際、ショット領域SA_cをアライメントしているときは、左のマークWM_l内の4本の直線状パターンMP_lと、右のマークWM_r内の4本の直線状パターンMP_rとを、光電信号上の波形から弁別して検出すればよい。

これらマークWM_l、WM_rはY方向には大き

くであることから、第10図(B)の各直線状パターンMP2、MP1はY方向に入れ子状態にして、さらに本数を減らすことができる。

以上、本実施例によれば、ストリートライン上に設けるマークWM₁、WM₂を、1つのマーク専有領域内に共存させることができる。で、ストリートラインの幅は100μm程度に押えられるといった利点がある。尚、本実施例では第2図に示した投影レンズ系PLを使用するものとしたので、ウェハW上の各マークWM₁、WM₂とショット領域SAとの間に、窓RS₁、RS₂の各投影像RS₁'、RS₂'が位置することになる。

ところが、第8図に示した投影レンズ系PLを使うときは、倍率色収差の発生方向が反転するので、第11図に示すように左右のマークWM₁、WM₂はストリートライン上で個別に分け、左右の窓RS₁、RS₂の投影像RS₁'、RS₂'を同じ位置に投影するようにするとよい。すなわち、第11図でショット領域SA2の右側のマークWM₁はショット領域SA2に近いところに形成し、

ショット領域SA2の左側のマークWM₂はショット領域SA2に近いところに形成し、そしてマークWM₁とWM₂の間の共通位置に窓の投影像RS₁'とRS₂'が露光されるようにする。この場合、ショット中心SCを通るx軸上に約30μm幅のマークWM₁、WM₂が2つ並び、さらに約35μm幅の投影像RS₁'、RS₂'が1つ並ぶため、ストリートラインの幅は約95μmあればよいことになる。

ところで以上の説明では、ウェハW上のマークWM₁、WM₂、WM₃がレチクルR上の透光部分LS₁、LS₂、LS₃によって露光中に透光されている必要があり、窓RS₁、RS₂、RS₃の各像がマークWM₁、WM₂、WM₃と重ならない程度の倍率色収差量が必要である。ところが倍率色収差量は、投影レンズ系の視野内で光軸AXを零として、像高点が変化すると、それに応じて絶対量も変化する。このことはレチクルRのパターン領域PAの大きさがデバイスサイズによって変わる際に問題になる。そこで第12図により、そのことを説明する。第12図は投影レンズ系PLで取り得る代表的な3つの倍率色収差特性CV₁、CV₂、CV₃を模式的に表わしたグラフである。第12図で横軸は像高位置(光軸からの距離)を変え、像高点P_mは視野領域の最外周点を表わす。

第12図中、色収差量ΔY_mはウェハW上のマークWMの形成領域の大きさ、窓RSの大きさ等に基づいて定まる必要最小限の値であり、色収差

量がΔY_mより小さい像高点では、窓の像RS'の投影によりウェハW上のマークWMの露光が不可能であることを意味する。

特性CV₁は、像高点P₁でΔY_m以上になった後、最大ΔY_m+d₁の収差量の極値となり、像高点P_mで再び収差量ΔY_m程度になっている。特性CV₂は、像高点P₂(P₂>P₁)でΔY_m以上になってから極値d₂となり、その後、急激に低下して像高点P₂でΔY_m以下となり、さらに像高点P_mでは収差の方向が反転している。そして特性CV₃は、像高P_mに向けて収差量が単調に増加し、像高点P₃(P₃>P₂)でΔY_m以上になった後、像高点P_mでは最大の収差量(ΔY_m+d₃)となる。ここでレチクルRの窓RS(又はウェハのマークWM)の最大の像高点がP₃までであるとすると、マーク露光が可能で最小マーク位置は、各特性CV₁、CV₂、CV₃の順に像高点P₁、P₂、P₃となり、特性CV₁の場合に、マーク位置変化、すなわちパターン領域PA(ショット領域SA)のサイズ変化

により大きく対応できることになる。

ところが、特性CVは、像高点P₁からP₂にかけて収差量が大きく変化するため、像高点P₁でのマークWMと窓RSとの横ずれ量が大きく、このことはマークWMと窓RS'との間隔が広がること、透光部分LSの幅を広く必要とすること等、ストリートラインの幅を広げざるを得ないことを意味する。またレチクルRのパターン領域PAの大きさ変化に応じて、窓RSとマークWMとの位置関係を変化させて設計しておく必要も起り得る。これに対して特性CV₁の場合は、 ΔY_m から増加する収差量は $d \geq 2$ ($d \geq 2 < d \leq 1$)と最も小さいため、像高点P₁からP₂に渡って、ストリートラインの幅をそれほど増やさずにマーク保護が可能である。

従って、マーク保護が可能で、広い像高範囲に渡ってTTR方式のアライメントが可能で、なおかつストリートラインの幅を狭くできる色収差特性としては、像高点P₁までを対称とするなら、特性CV₁が最も良い。ただし、この場合像高点

次に本発明の第4の実施例によるアライメント方式を第13図を参照して説明する。第13図に示した投影レンズ系PLは、いままでのものとは異なり、倍率色収差については十分に補正しており、軸上色収差のみが補正されていない。このため露光用照明光の波長のもとで規定された点A₁と点A₂を結ぶ主光線LB₁、LB₂と、アライメント用照明光の波長のもとで規定された点A₁とA₂を結ぶ主光線LA₁、LA₂とは横ずれなくほぼ合致してしまう。従って、いままでの説明と同じ方法では、ウェハ上のマークを保護することができない。

そこで、マーク保護の観点から、露光光のもとでウェハW上の点A₁と共役なレチクルR上の点A₂に、ウェハマークの形成領域を覆う程度の透光部分LSを形成し、その近傍に窓RSを設け、この窓RSにアライメント用照明光を斜めに通すようにする。すなわちアライメント系の対物レンズ30の前側焦点面(瞳EPと共役な面)内で、照明用のビームILc(又はILa)が偏心して

P₁より外側の領域では、収差量が急激に ΔY_m 以下に低下するため、最早アライメントに使うことはできない。従って像高点P₁よりも外側でアライメントを行なうことがあるときは、特性CV₁または特性CV₂とCV₁の間の特性をもつ投影レンズ系を使うことが望ましい。いずれにしろ、最大像高点P_mの約1/2よりも大きい像高で収差量 ΔY_m よりも大きな値で極値となる3次曲線状の収差特性をもつ投影レンズ系を用いることが望ましい。これに対して軸上色収差 ΔL は、アライメント系20に2焦点素子32を用いる場合は、像高点によらず ΔL を中心にある範囲内に納まっていればよい。その範囲は対物レンズ30の焦点深度、対物レンズ30を通るアライメント用照明光の投影レンズ系PLの瞳EPにおける大きさ(照明光束の開口数)等によって決まる。このような設計は比較的容易である。

また2焦点素子32を使わない場合は、軸上色収差のみを、例えば第12図中の像高点P₁までの間で補正してほぼ零にしておけばよい。

通るようにする。このようにすると、対物レンズ30の光軸は、レチクルRと垂直な主光線LB₁と平行に配置できるとともに、ビームILcの主光線LA₁'は窓RSを斜めに通すことができる。この主光線LA₁'は、投影レンズ系PLの光軸AXと窓RSの中心点とを含む平面内で傾けることが必要であり、この平面と垂直な方向に傾けると、アライメント誤差が発生する。そして主光線LA₁'は投影レンズ系PLの瞳EPの中心からはずれた点を通り、ウェハWへ達する。このときウェハWと投影レンズ系PLの間では、その主光線(LA₁')は傾いたものとなる。また照明用のビームILcは瞳EPで中心からずれた領域を通る。

さて、ウェハマーク(点A₁)からの光情報のうち、主光線LA₁'に沿って逆進する光は、投影レンズ系PLを介して窓RSを通り、空間中のウェハ共役面Pw内の点A₂で結像し、ここにウェハマークの縮小像が形成されることになる。この光情報は再び主光線LA₁'に沿って逆進し、

対物レンズ30まで戻る。対物レンズ30がテレスントリックで、後側焦点面が面Pw、又はレチクルRのパターン面、あるいはその中間にある場合、ビーム11cの重合投図近傍で主光線は、対物レンズ30 光軸とほぼ平行にすることが出来る。従ってウェハマークからの光 輦 うち主光線LA'に沿って戻ってくる光の主光線は、対物レンズ30の後の2焦点素子32を通った後、光軸とほぼ平行になる。もちろん、窓RSからの光情報も、対物レンズ30、2焦点素子32を介して検出される。

本実施例の場合、アライメント用照明光の主光線(LA')を傾けておくことで、横ずれした位置関係にあるウェハマーク(点A₁)と窓RSとを同時に検出することができ、TTR方式のアライメントが実行できる。しかも露光波長のもとで、ウェハマーク(点A₁)はレチクルRの透光部分LS(A₁)と共役であるから、同様にマーク保護が可能である。またウェハW上の点A₁に形成するマークを、光軸AX₁に向って微小格子

要素を配列した回折格子パターンとし、これをスポット光で走査する場合は、主光線LA'の傾きを回折格子パターンからの2次以上の回折光の回折角に合わせておくとよい。

次に本発明の第5 実施例を第15図(A)、(B)を参照して説明する。第15図(A)は投影レンズ系PLの軸上色収差特性を像高をパラメータとして表わした一例であり、各実施例で述べた投影レンズ系PLの場合、理想的には特性CVのように像高点によらず一定ΔLであることが望ましい。ただし、実際には許容範囲±dΔがあり、この範囲内であれば2焦点素子32によって十分対応できる。ところが、第13図のように倍率色収差を補正した投影レンズ系では、同時に軸上色収差を一定に保つことが難しい場合が多い。その場合、軸上色収差の特性はCVのようになり、中心と最外周点Pmとのほぼ中間の像高点P₁で、色収差ΔLが範囲±dΔがはずれ、像が大きくなるにつれて、色収差ΔLも2焦点素子32で対応できない程度に大きくなってしま

う。これは先にも述べたように、窓RS、ウェハマークWMの位置が、レチクルRのパターン領域PAの大きさ変化によって変わるときは、はなはだ不都合である。

そこで2焦点素子32の機能を、第15図(B)に示した光学系で達成するようにし、2焦点の間隔を可変にするようにする。

まずスキャナミラー44で偏向されたほぼ平行なビーム11cは、偏光ビームスプリッタPBS₁でP偏光とS偏光に分離される。スプリッタPBS₁で反射したS偏光のビームはレンズ系G₁、ミラーM6を介して点SP₁にスポット光(スリット状)として結像した後、レンズ系G₂を介して再び平行光となり、S偏光をP偏光に変換する光学素子PZ₁を介して偏光ビームスプリッタPBS₂を透過する。スプリッタPBS₂からのP偏光のビームはミラーM₁で反射され、テレスントリックな対物レンズ30を介して、レチクルRのパターン面にスポット光として結像される。この場合、P偏光についてレチクルRと点S

P₁とが共役になっている。一方、スプリッタPBS₁を透過したP偏光のビームは傾斜可能な平行平板ガラスHV₁、レンズ系G₃、及び厚さ可変の平行平板ガラス(2枚のくさび状プリズムを対向させたもの)HV₂を介して点SP₂にスポット光(スリット状)として結像した後、ミラーM₂、レンズ系G₄、及びP偏光をS偏光に変換する光学素子PZ₂を介して偏光ビームスプリッタPBS₃に入射し、ここで反射されてほぼ平行なS偏光のビームとなる。スプリッタPBS₃はP偏光とS偏光の両ビームを同軸に合成し、合成されたビームのうちS偏光のビームは対物レンズ30によって面Pw内のスポット光として結像される。

ここでミラーM₁と対物レンズ30は一体の可動部A₁として構成され、ミラー4とスプリッタPBS₂の間がアフォーカル系になっている。

さて、アライメントの際に、レチクルR上の窓RS(ウェハマークWM)の位置が像高上で変化すると、可動部A₁は矢印のように駆動系100

によって移動される。このとき駆動系100内には、例えば第15図(A)の性CV、が予め記憶されていて、移動後の像高点に対応した軸上色収差量 ΔL に関連した値を読み出す。そして、その値に基づいて平行平板ガラスHV、の厚みを変化させる。これによって、3個光のビームがスポット光として結像する面Pwを上下に正することができる。

以上本実施例によれば、軸上色収差量 ΔL が像高点に応じて大きく変化する場合でも、TTR方式のアライメントが全く同様に実行できる。

また本発明の各実施例では、ビーム走査方式のTTRアライメントについて説明したが、例えば第1図中に示したスキャナミラー44を介さずに、静止したビーム11cをレチクルRの窓RSからウェハW上に投射し、ウェハW上に静止スポット光を照射する。そしてこのスポット光に対してウェハマークWMが移動するようにウェハステージ18をスキャンしてマークWMを検出するようにしてもよい。この場合は、レチクルRの窓R

Sからの光情報を検出しないうえ方式なので、予めウェハステージ18上に設けられた基準マーク(フィジューシャルマーク)を用いて、静止スポット光位置とレチクルRの窓RSの投影点の位置との関係を計測しておく必要がある。

さらに、各アライメント系は対物レンズ30を介してアライメント用照明光をレチクルR、ウェハWへ照射するものとしたが、ウェハW上のマークWMは投影レンズ系PLを介さずに斜め方向から照明光を当てる構成にしても同様の効果が得られる。

(発明の効果)

以上本発明によれば、投影光学系の色収差を積極的に用いることによって、露光光と異なる波長のアライメント用照明光を使ったTTR(スルーレチクル)、又はTTL(スルーレンズ)方式のアライメントが可能であるとともに、露光中は感応基板(ウェハ)上のアライメントマークの形成領域をマスク(レチクル)そのもので非露光状態にすることができる。

従って、非露光波長の光で感応基板上のアライメントマークを検出することの利点が最大限に得られると同時に、何らかの遮光部材を設けなくとも、そのアライメントマークの保護が行なわれるといった利点を得られる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例による投影露光装置の構成を示す図、第2図は本発明で利用する色収差の原理を説明する投影系を模式的に示す図、第3図は、第1図に示した装置のアライメント系の一部を示す斜視図、第4図は第1の実施例で使用するのに好適なレチクルのパターン形状、配置を示す平面図、第5図は第4図のレチクルで露光されるウェハ上のショット領域の配置を示す平面図、第6図はレチクルとウェハのアライメントの様子、及び各光信号の波形を示す図、第7図は第1の実施例で使われる2焦点化の方法を説明する図、

第8図は本発明で利用する色収差の他の性を説明する図、第9図(A)は本発明の第2の実施

例によるアライメント系の構成を示す図、第9図(B)は第2の実施例に好適なアライメントマークの配置を示す平面図、第10図(A)、第10図(B)は本発明の第3の実施例によるマーク構造、配置を示す平面図、第11図は第3の実施例と関連した他のマーク配置を示す図、第12図は投影レンズ系の倍率色収差特性の例を示すグラフ、第13図は本発明の第4の実施例による投影露光装置のアライメント方式を模式的に示す図、第14図(A)、第14図(B)は従来の投影レンズ系の軸上色収差特性を示すグラフ、

第15図(A)は投影視野内の像高点を関数とした軸上色収差特性の一例を示すグラフ、

第15図(B)は本発明の第5の実施例によるアライメント系の一部の構成を示す図である。

(主要部分の符号の説明)

- 2、6…結像レンズ系、4…レチクルブラインド、
- 12…主コンデンサーレンズ、
- 14…ダイクロイックミラー、
- 20…アライメント系、

30、30_r、30_y、30_b…対物レンズ、
 32…2焦点素子、54…光電検出器、
 58…画像素子、R…レチクル、
 W…ウェハ、PL…投影レンズ系、
 PA…パターン領域、SA…ショット領域、
 RS、RS₁、RS₂、RS₃、

…アライメント用の窓、

WM₁、WM₂、WM₃…アライメントマーク、

LSB…遮光帯、

LS、LS₁、LS₂、LS₃…遮光部分、

IL_a…露光光、

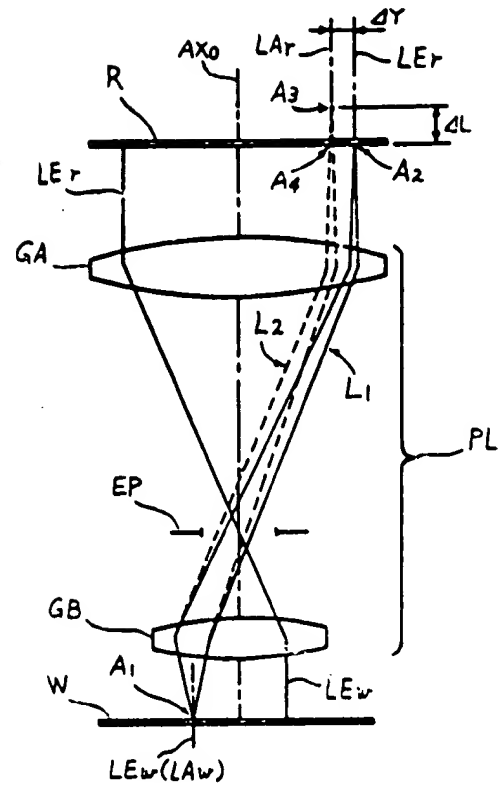
IL_b、IL_c

…アライメント用照明光、

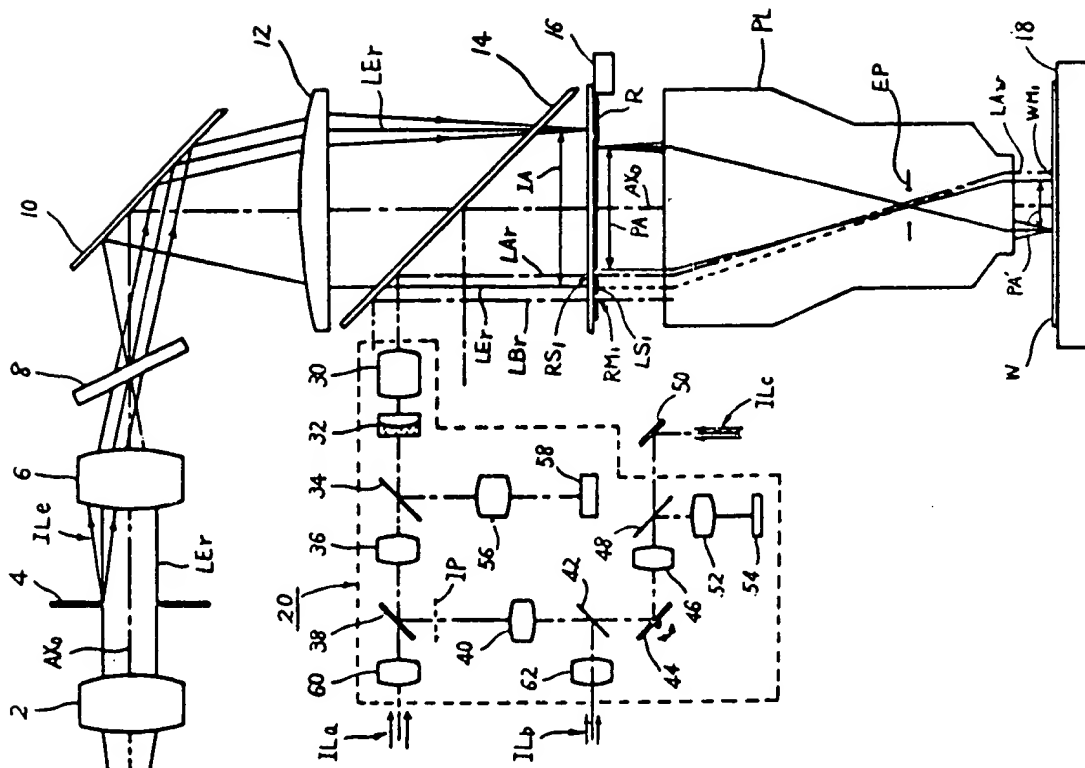
ΔY …倍率色収差量、 ΔL …軸上色収差量

出願人 株式会社 ニコン

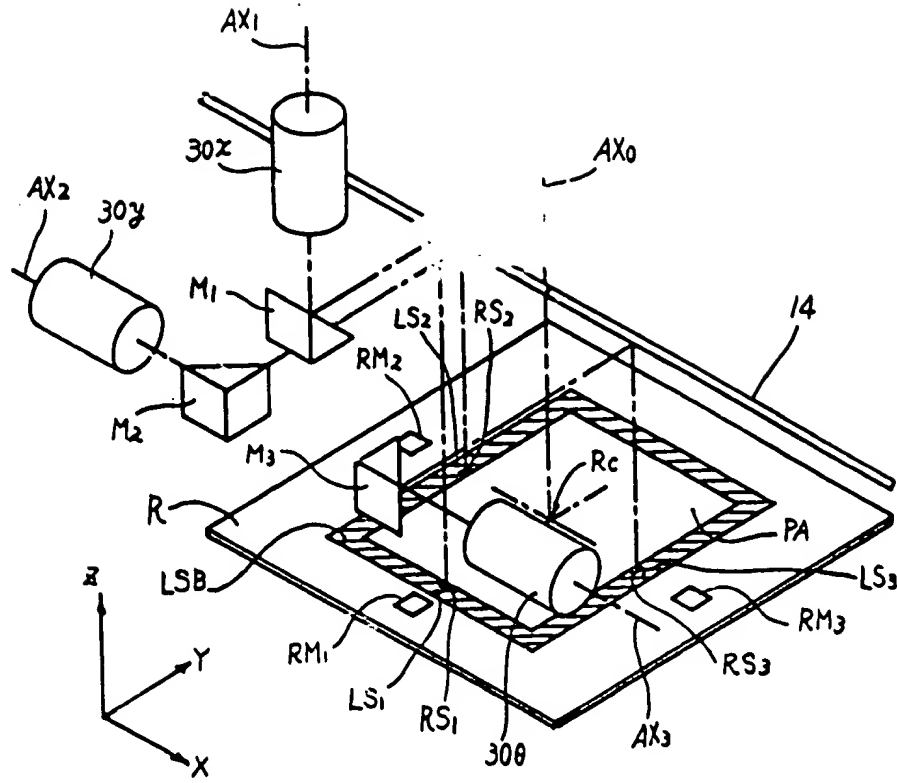
代理人 渡辺 隆 男



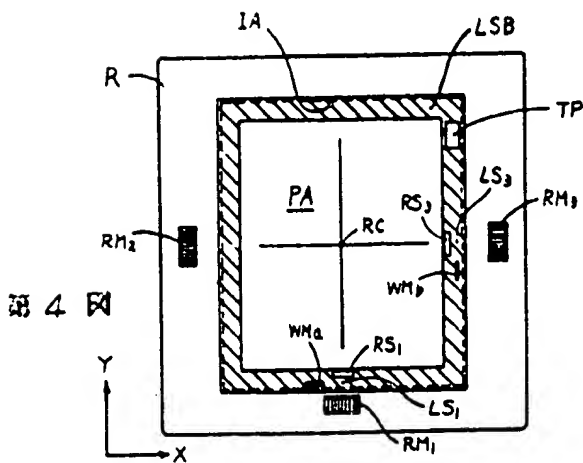
第2図



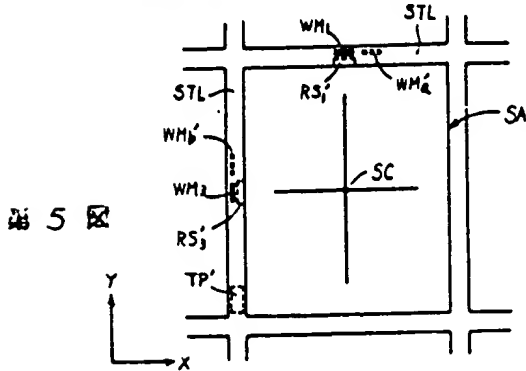
第1図



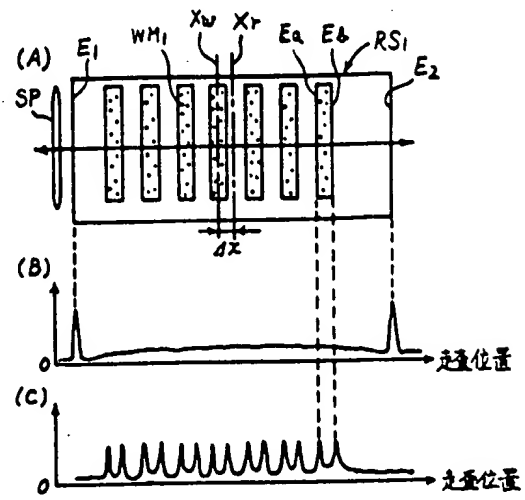
第 3 図



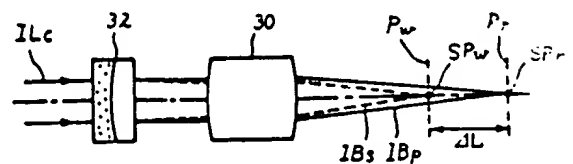
第 4 図



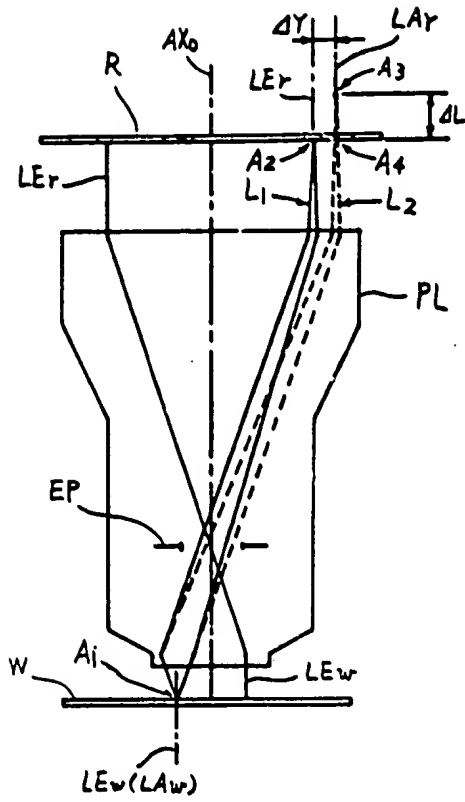
第 5 図



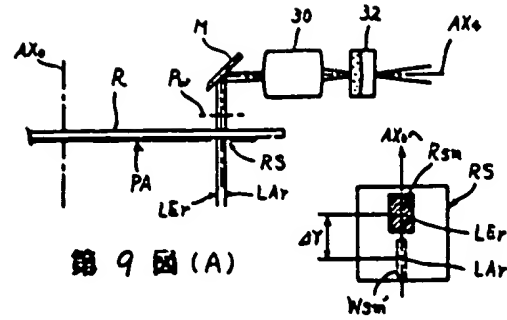
第 6 図



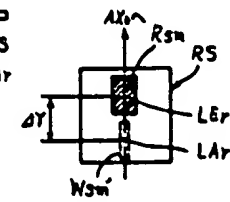
第 7 図



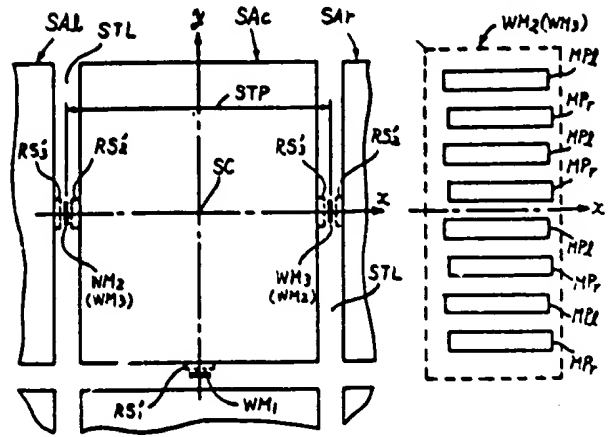
第 8 図



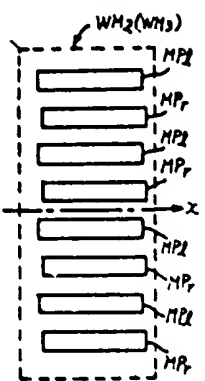
第 9 図 (A)



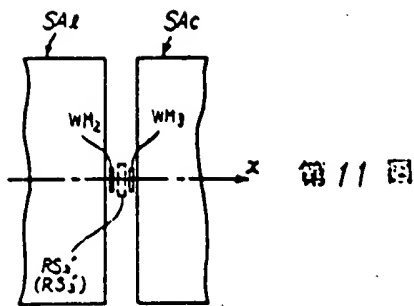
第 9 図 (B)



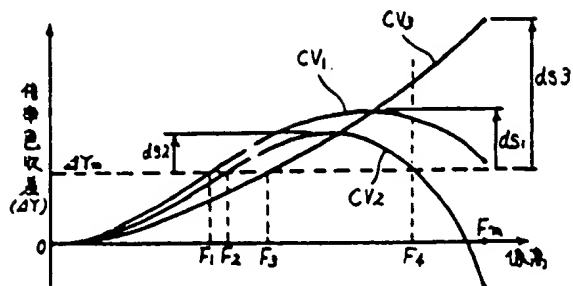
第 10 図 (A)



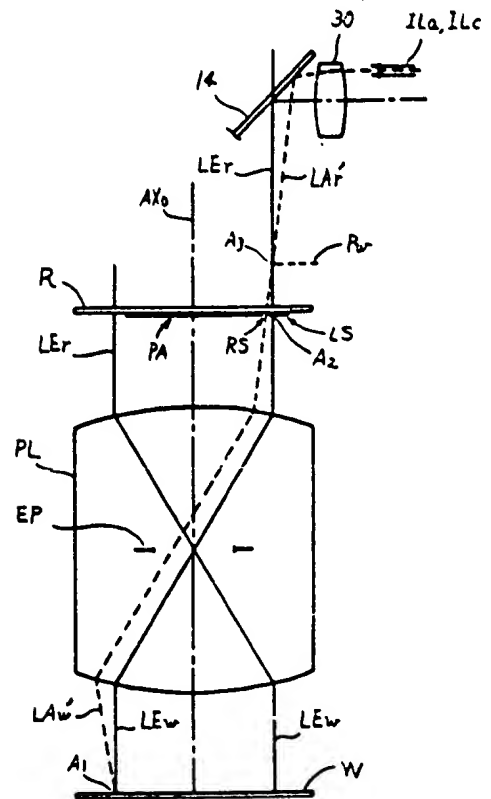
第 10 図 (B)



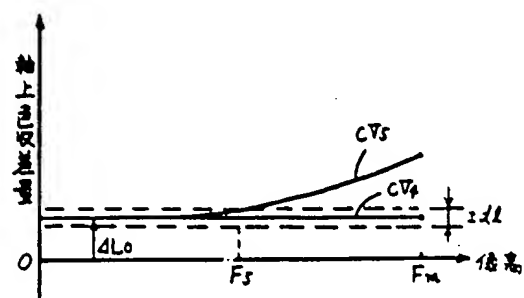
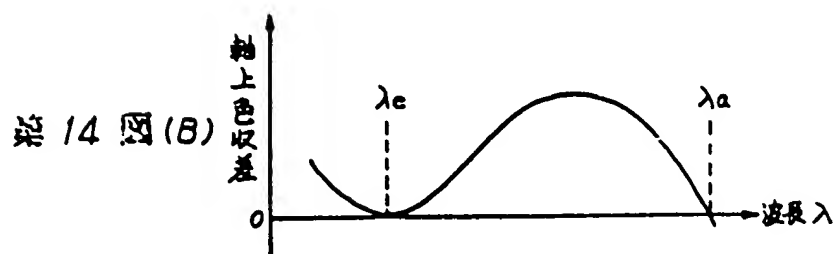
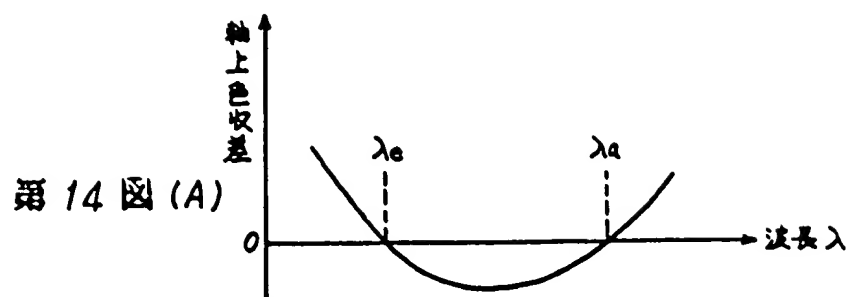
第 11 図



第 12 図



第 13 図



第 15 図 (A)

